

LA CONFIABILIDAD BASADA EN LA DISTRIBUCIÓN WEIBULL, FUNDAMENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Confiabilidad Operacional

Este material de autoestudio fue creado en el año 2004 para la asignatura Confiabilidad Operacional del programa Ingeniería Electromecánica y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.





LA CONFIABILIDAD BASADA EN LA DISTRIBUCIÓN WEIBULL, FUNDAMENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Oliverio García Palencia

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Santiago de Chile, 2004



Agenda

- Introducción
- La Distribución de Weibull
- Determinación de los Parámetros
- El Análisis de Confiabilidad
- Optimización del Mantenimiento
- Ejemplo de Análisis
- Conclusiones.





Las 10 Mejores Prácticas

- Trabajo en equipo
- Contratistas orientados a la productividad
- Integración con proveedores de materiales y servicios
- Apoyo y visión gerencial
- Planificación y programación proactiva
- Mejoramiento Continuo
- Gestión disciplinada de procura de materiales
- Integración de procesos y sistemas
- Gerencia de paradas de planta
- **Confiabilidad Operacional.**





Confiabilidad Operacional

- Mas reciente de las metodologías surgidas para optimizar la Productividad industrial.
- Son labores desarrolladas con el propósito de aprovechar el historial de fallas, convirtiéndolo en oportunidades de mejora.
- Involucra a las personas, los procesos, los equipos y está basada sobre una aproximación de sentido común hacia la eficiencia.

Confiabilidad Operacional



The Woodhouse Partnership Ltda.



Mantenimiento y RCM

- **MANTENIMIENTO** : Se encarga de asegurar que los Activos Fijos continúen haciendo lo que sus usuarios deseen que hagan, con Seguridad, Eficiencia y Economía.
- **RCM** : Es un proceso que determina lo que debe hacerse "realmente" a cualquier recurso físico para que continúe haciendo lo que sus usuarios desean, dentro de su contexto operacional. El objetivo fundamental del RCM es conservar la función de sistema, antes que la operación del equipo.



Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

- El RCM es un enfoque sistémico para mejorar la Confiabilidad de los equipos a un costo mínimo, centrándose en sus funciones principales y en acciones justificadas técnica y económicamente.
- Combina aplicaciones de mantenimiento Autónomo, Proactivo, Preventivo y Predictivo, mediante una estrategia unificada y justificada por el análisis costo/beneficio.



Optimización de Mantenimiento Preventivo

- El sistema de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO) es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación.
- La PMO facilita el diseño de un marco formal de trabajo racional y rentable, basado en Confiabilidad, cuando un sistema de PM está consolidado y la planta se encuentra bajo control.



En el Sistema PMO:

- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- Se logra un efectivo uso de los recursos
- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento
- Se adapta a las situaciones y a los objetivos específicos de cada cliente
- La optimización del PM motiva al personal.



Análisis Estadístico de Confiabilidad

Permite:

- Diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar en el futuro
- Determinar las frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo
- Optimizar el uso los recursos físicos y del talento humano
- Calcular intervalos óptimos de sustitución económica de equipos
- Minimizar los costos del departamento.



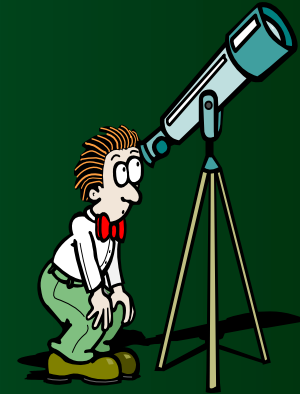
Descripción de la Investigación

- Uso de la Distribución Weibull para estimar el comportamiento de fallas de los equipos, mediante su Confiabilidad y su MTBF.
- Estimación del efecto de Mantenimiento Preventivo en la Confiabilidad.
- Asignación adecuada de recursos para optimizar el mantenimiento.



Parámetros de Mantenimiento

- Confiabilidad, $R(t)$
- Probabilidad de Falla, $F(t)$
- Índice de Falla, $\lambda(t)$
- Mantenibilidad, $M(t)$
- Disponibilidad, $D(t)$
- Efectividad global, (OEE)
- Tiempo Promedio Entre Fallas, (MTBF)
- Tiempo Medio Para Reparar, (MTTR).





La Distribución de Weibull

- ✿ El comportamiento histórico de las fallas de los equipos se puede describir estadísticamente por medio de la Distribución de Weibull.
- ✿ La ecuación característica de la Función de Distribución de fallas es:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Donde β , η y T_0 , son valores constantes mayores que cero.



Función de Confiabilidad

Para obtener la Confiabilidad $R(t)$ se observa que:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Los parámetros son:

β [Beta] = parámetro de forma o geométrico ($\beta > 0$)

η [Eta] = parámetro de escala o valor característico ($\eta \geq T_0$)

T_0 = parámetro de localización, es el valor garantizado de t ($T_0 \geq 0$).



Densidad de Probabilidad

- ❖ La densidad de probabilidad de falla viene dada por:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt}$$

Y teniendo en cuenta que : $\eta = \theta - T_0$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$



Determinación de los Parámetros de Weibull

- ✱ Parámetros a Calcular: β , η y T_0
- ✱ Método Gráfico Aproximado (Shigley)
- ✱ Método Analítico (Ecuaciones Logarítmicas)
- ✱ Métodos Estadísticos (Regresión múltiple), usando software especializado:
 - Weibull 6 ++
 - Statgraphics.



El Análisis de Confiabilidad

- ✿ Para muestras pequeñas la Confiabilidad en el tiempo i de falla para un tamaño de muestra n es:

$$R(t_i) = (n - i + 0.7) / (n + 0.4)$$

- ✿ Para muestras grandes si el número de unidades que sobreviven al tiempo t es $N(t)$ y el número total es N :

$$R(t) = N(t) / N.$$



Optimización del Mantenimiento

- ✱ El objetivo es estimar los intervalos óptimos de mantenimiento, para aumentar la productividad del equipo y minimizar los costos totales de mantenimiento.
- ✱ El análisis de costos determina el nivel óptimo de mantenimiento necesario para el funcionamiento económico de los equipos.



Caracterización del Mantenimiento Preventivo

- ✱ Selección de fallas prevenibles: Distribución de fallas prevenibles
- ✱ Eliminación de fallas: Cálculo de fallas a eliminar de acuerdo con la frecuencia del mantenimiento
- ✱ Modificación de la Distribución de Weibull
Original: Efecto del Mantenimiento Preventivo.



Costos de Mantenimiento

De Mantenimiento Programado durante un tiempo t_o :

$$C_s(t) = t_o \sum_{i=1}^n (C_i / t_i)$$

Haciendo: $t_1 = t \cdot K_1$ $t_2 = t \cdot K_2$... $t_n = t \cdot K_n$

$$C_s(t) = (t_o / t) \sum_{i=1}^n (C_i / K_i)$$

Definiendo:

$$a = \sum_{i=1}^n (C_i / K_i)$$

$$C_s(t) = a (t_o / t).$$



Costos de Mantenimiento

✱ De mantenimiento no programado $C_u(t)$:

$$C_u(t) = (t / t_o) \sum_{i=1}^n (f_i \cdot C_i)$$

Definiendo:
$$b = \sum_{i=1}^n (f_i \cdot C_i)$$

$$C_u(t) = b (t / t_o)$$

Donde f_i es el término i del periodo de mantenimiento no programado.